

519488

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年1 月15 日 (15.01.2004)

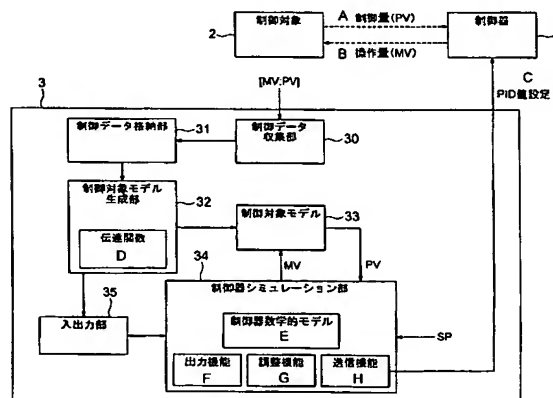
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/006030 A1

- (51) 国際特許分類: G05B 13/04 (KATO,Seiji) [JP/JP]; 〒150-8316 東京都 渋谷区 渋谷 2 丁目 1 2 番 1 9 号 株式会社山武内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008336
- (22) 国際出願日: 2003 年7 月1 日 (01.07.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2002-192815 2002 年7 月2 日 (02.07.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社山武 (YAMATAKE CORPORATION) [JP/JP]; 〒150-8316 東京都 渋谷区 渋谷 2 丁目 1 2 番 1 9 号 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 岡田 光由 (OKADA,Mitsuyoshi); 〒116-0013 東京都 荒川区 西日暮里 5 丁目 1 1 番 8 号 三共セントラルプラザビル 5 階 開明国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 加藤 誠司

(54) Title: CONTROL OBJECT MODEL GENERATION METHOD, PROGRAM THEREOF, CONTROL PARAMETER ADJUSTMENT METHOD, AND PROGRAM THEREOF

(54) 発明の名称: 制御対象モデル生成方法及びそのプログラム、制御パラメータ調整方法及びそのプログラム



2...CONTROL OBJECT
A...CONTROL AMOUNT (PV)
B...OPERATION AMOUNT (MV)
1...CONTROLLER
C...PID VALUE SETTING
31...CONTROL DATA STORAGE SECTION
30...CONTROL DATA COLLECTION SECTION
32...CONTROL OBJECT MODEL GENERATION SECTION
D...TRANSFER FUNCTION
33...CONTROL OBJECT MODEL
35...I/O SECTION
34...CONTROLLER SIMULATION SECTION
E...CONTROLLER MATHEMATICAL MODEL
F...OUTPUT FUNCTION
G...ADJUSTMENT FUNCTION
H...TRANSMISSION FUNCTION

(57) Abstract: Time series data on the operation amount given to a control object and the time series data on the control amount output from the control object according to it are acquired. Next, a predetermined transfer function is processed. When the time series data on the aforementioned operation amount is input to the transfer function, the time series data on the value output from the transfer function is acquired. One or more parameters of the transfer function are identified so as to generate a control object model so that an error between the time series data on the output value and the corresponding time series data on the control amount or a value calculated from the error is optimal.

[続葉有]

WO 2004/006030 A1



(57) 要約: 制御対象へ与えられた操作量の時系列データとそれに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する。次に、予め想定したある伝達関数を処理対象として、上記操作量の時系列データを上記伝達関数に入力するときに上記伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する上記制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるようにと、上記伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定することで、制御対象のモデルを生成する。

明細書

制御対象モデル生成方法及びそのプログラム、制御パラメータ調整方法及びそのプログラム

技術分野

本発明は、制御対象モデル生成方法及びそのプログラム、制御パラメータ調整方法及びそのプログラムに関し、特に、制御対象のモデルを生成する制御対象モデル生成方法と、その制御対象モデル生成方法の実現に用いられる制御対象モデル生成プログラムと、その制御対象モデル生成方法により生成される制御対象モデルを使って、制御器の持つ制御パラメータを調整する制御パラメータ調整方法と、その制御パラメータ調整方法の実現に用いられる制御パラメータ調整プログラムとに関する。

背景技術

制御対象となるプロセスをコントロールする温調計などの制御器を実装する場合には、その制御器の持つP I Dなどの制御パラメータを適切なものに調整していく必要がある。

従来では、制御器の持つ制御パラメータを調整する場合、実際に制御対象を制御器で制御するという構成を採って、作業者が経験とノウハウとを使って制御パラメータを色々と調整してみて、そのときに制御器から与えられる操作量に応答して制御対象が出力する制御量の動きを得て、それを制御目標量と比較することを繰り返していくことで、最適な制御パラメータを決定していくという方法を用いている。

しかしながら、このような従来技術に従っていると、制御対象によっては制御量が得られるまでに数時間もかかる場合があることで、制御パラメータの調整に多大な労力と調整コストとを強いられるという問題がある。

この問題を解決するために、制御対象のモデルを作成し、シミュレーションにより制御器の持つ制御パラメータを決定して、それを制御器に設定していくとい

う方法を用いることが考えられる。

これまでも、制御対象をモデリングする手法が提案されているので、それを使って制御対象のモデルを作成し、シミュレーションにより制御器の持つ制御パラメータを決定して、それを制御器に設定していくという方法を用いることが考えられるのである。

しかしながら、これまでに試みられている制御対象のモデリング手法は、逐次最小2乗法などを利用した線形代数理論に立脚した手法であり、制御対象の次数の探索まで含む厳密なモデリングを目的とする場合には有効な手法であるものの、誰でもが用いることができるというようなものではない。

このように、従来技術に従っていると、制御パラメータの調整や制御対象のモデリング手法に精通した作業家でないと制御器の持つ制御パラメータを調整できないとともに、そのような作業家であっても、制御器の持つ制御パラメータを簡単に調整できないという問題がある。

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであって、制御対象のモデルを自動生成することを可能にすることで、直ちに制御対象の出力する制御量が得られる制御対象モデル生成方法の提供を目的とする。

また、本発明は、上述の制御対象モデル生成方法の実現に用いられる制御対象モデル生成プログラムの提供を目的とする。

また、本発明は、上述の制御対象モデル生成方法により、制御パラメータを変更したときの制御状態を直ちに知ることができるようになることで、制御パラメータの調整に精通した作業家でなくても、制御器の持つ制御パラメータを簡単に調整できるようにする新たな制御パラメータ調整方法の提供を目的とする。

また、本発明は、上述の制御パラメータ調整方法の実現に用いられるの制御パラメータ調整プログラムの提供を目的とする。

発明の開示

この目的を達成するために、本発明の制御パラメータ調整方法は、先ず最初に、本発明の制御対象モデル生成方法によって制御対象のモデルを生成し、続いて、その生成した制御対象モデルを使って、制御器の持つ制御パラメータを調整す

る処理を行う。

本発明の制御対象モデル生成方法は、本発明の制御パラメータ調整方法を実現すべく用意され、制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する過程と、予め想定したある伝達関数を処理対象として、取得した操作量の時系列データをその伝達関数に入力するときにその伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する取得した制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるようにと、その伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定することで、制御対象のモデルを生成する過程とを備えるように構成する。

また、本発明の制御対象モデル生成方法は、上述の構成に加えて、更に、複数の伝達関数を想定して、それらの伝達関数のそれぞれを処理対象として、伝達関数の持つパラメータの同定処理を行うようにする構成を採って、その同定を完了するときに得られた誤差（あるいはそれから導出される値）に従って、同定したパラメータを持つ複数の伝達関数の中から、制御対象のモデルとして最適なものを選択する過程を備えることがある。

また、本発明の制御対象モデル生成プログラムは、上述のいずれかの制御対象モデル生成方法の各処理過程を実現するコンピュータプログラムである。このコンピュータプログラムは、半導体メモリなどの記録媒体に記録して提供されることができる。

このように構成される本発明の制御対象モデル生成方法では、制御対象モデルの数学的モデルとして、ある伝達関数（1つ又は複数のパラメータを持つ）を想定して、制御対象へ与えられた操作量（MV）の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量（PV）の時系列データとを使って、Powell 法などのような最適化手法を用いて、その伝達関数の持つパラメータを同定することで、制御対象モデル（PV/MVの伝達特性を持つ）を生成するように処理する。

ここで、制御対象の伝達特性については、その多くが「1次遅れ+むだ時間」の伝達特性を持つもので近似できるものと考えられるが、制御対象によっては、

「2次遅れ+むだ時間」の伝達特性を持つもので近似する方がより適切である場合も考えられるし、あるいは、「積分+1次遅れ+むだ時間」の伝達特性を持つもので近似する方がより適切である場合も考えられる。

そこで、本発明の制御対象モデル生成方法では、このような場合を考慮して、複数の伝達関数を想定して、それらの伝達関数のそれぞれを処理対象として、伝達関数の持つパラメータの同定処理を行うようにして、その同定を完了するときに得られた誤差（あるいはそれから導出される値）に従って、同定したパラメータを持つ複数の伝達関数の中から、制御対象のモデルとして最適なものを選択するように処理する。

このようにして、本発明の制御対象モデル生成方法によれば、制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとが得られれば、専門的な考察や作業を一切要求されずに制御対象のモデルを自動的に生成できるようになる。

そして、本発明の制御対象モデル生成方法によれば、複数の伝達関数を想定することで、さらに高精度のモデリングを実現する制御対象モデルを自動的に生成できるようになる。

プロセス制御分野で必要とされる制御対象モデリングの主な目的は、制御器の実装する制御アルゴリズム（制御方式の数学的モデル）が持つ制御パラメータを適切に調整できるようにすることであり、現場で制御パラメータを調整する場合には、厳密なモデリングによる専門的な調整手法よりも、誰でも簡単に調整が行えて概ね良好な制御結果が得られる調整手法が望まれており、本発明の制御対象モデル生成方法は、そのような期待に応えることができる制御対象のモデリング手法を提供するものである。

一方、本発明の制御パラメータ調整方法は、上述の本発明の制御対象モデル生成方法のいずれかに従って、制御対象のモデルを生成する過程と、制御器の制御アルゴリズムを調整対象として、その制御アルゴリズムの持つ制御パラメータを調整する過程と、生成した制御対象モデルと、調整した制御パラメータを持つ制御器の制御アルゴリズムとを使って、調整した制御パラメータを持つ制御器が制御対象を制御するときの状態をシミュレーションすることで、制御目標量、操作

量及び制御量の間関係を示すデータを作成して、それを出力する過程とを備えるように構成する。

また、本発明の制御パラメータ調整プログラムは、上述のいずれかの制御対象モデル生成方法の各処理過程を実現するコンピュータプログラムである。このコンピュータプログラムは、半導体メモリなどの記録媒体に記録して提供されることができる。

このように構成される本発明の制御パラメータ調整方法では、本発明の制御対象モデル生成方法に従って制御対象のモデルを生成すると、例えば対話処理に従って、制御器の制御アルゴリズムの持つ制御パラメータを調整することで、制御器の操作量算出機能（制御目標量と制御量とから操作量を算出する機能）を特定の特性のものとして得て、これにより、調整した制御パラメータを持つ制御器が制御対象を制御するときの状態をシミュレーションすることで、制御対象モデルへ入力される操作量と、制御対象モデルから出力される操作量と、制御目標量との間関係を示すデータを作成して、それを出力するように処理する。

このようにして、本発明の制御パラメータ調整方法によれば、本発明の制御対象モデル生成方法により生成された制御対象モデルを使うことで、作業者は制御器の持つ制御パラメータを色々と調整するときに、どのような制御が行えるのかを直ちに知ることができるようになることから、制御パラメータの調整に精通しない作業者でも制御パラメータを簡単に調整できるようになる。

図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施形態例である。

第2図は制御データ収集部の実行する処理フローの一実施形態例である。

第3図は制御対象モデル生成部の実行する処理フローの一実施形態例である。

第4図は制御器シミュレーション部の実行する処理フローの一実施形態例である。

第5図は制御データ収集部の収集する制御データの説明図である。

第6図は制御対象モデル生成部の表示する画面の説明図である。

第7図は制御対象モデル生成部の表示する画面の説明図である。

第 8 図は制御器シミュレーション部の表示する画面の説明図である。

第 9 図は制御器シミュレーション部の表示する画面の説明図である。

第 10 図は制御対象モデル生成部の実行する処理フローの他の実施形態例である。

発明を実施するための最良の形態

以下、実施の形態に従って本発明を詳細に説明する。第 1 図に、本発明の一実施形態例を図示する。第 1 図中、1 は例えば P I D 制御を行う制御器、2 は炉などのような制御対象、3 は制御器 1 の実装する制御アルゴリズムが持つ制御パラメータ（P I D 値など）を設定する本発明を具備するコンピュータである。

本発明を具備するコンピュータ 3 は、例えば携帯用コンピュータで構成されて、本発明を実現するために、制御データを収集する制御データ収集部 30 と、制御データ収集部 30 の収集した制御データを格納する制御データ格納部 31 と、予めある伝達関数を想定して、制御データ格納部 31 に格納される制御データを使って、制御対象 2 のモデルとなる制御対象モデル 33 を生成する制御対象モデル生成部 32 と、制御器 1 の実装する制御アルゴリズムをシミュレーションする機能（制御器 1 の制御アルゴリズム）を有して、そのシミュレーション機能と制御対象モデル 33 とを使って、制御器 1 の実行する制御動作をシミュレーションすることで制御器 1 に設定する制御パラメータを決定する制御器シミュレーション部 34 と、ディスプレイやキーボードなどを有して、作業者との対話処理を実行する入出力部 35 とを備える。

ここで、制御データ収集部 30、制御対象モデル生成部 32 及び制御器シミュレーション部 34 は、例えばプログラムで構成されることになる。

第 2 図に、制御データ収集部 30 の実行する処理フローの一実施形態例を図示し、第 3 図に、制御対象モデル生成部 32 の実行する処理フローの一実施形態例を図示し、第 4 図に、制御器シミュレーション部 34 の実行する処理フローの一実施形態例を図示する。

次に、これらの処理フローに従って、本発明を具備するコンピュータ 3 の実行する処理について詳細に説明する。先ず最初に、制御データ収集部 30 の実行す

る処理について説明する。

制御データ収集部 30 は、作業員から制御データの収集要求が発行されると、第 2 図の処理フローに示すように、先ず最初に、ステップ S 10 で、例えば対話処理に従って、制御データの収集周期 Δt （例えば 1 秒）を設定する。続いて、ステップ S 11 で、変数 i に 1 をセットし、続くステップ S 12 で、タイマの計時値を 0 にクリアする。

続いて、ステップ S 13 で、タイマの計時値が “ $i \times \Delta t$ ” に到達するのを待って、タイマの計時値が “ $i \times \Delta t$ ” に到達することを判断するとき、すなわち、制御データの収集周期に到達することを判断するときには、ステップ S 14 に進んで、制御対象 2 に与えられる操作量と、それに応じて制御対象 2 から出力される制御量との対データを収集して、制御データ格納部 31 に格納する。

このとき、制御対象 2 については、制御器 1 により制御されている状態にあってもよいし、制御されていない状態（例えば、制御器 1 が手動モードに設定されていて、作業員が制御器 1 を介して順次適当な操作量を制御対象 2 に与えているような状態）にあってもよい。

続いて、ステップ S 15 で、変数 i の値を 1 つインクリメントし、続くステップ S 16 で、変数 i の値が予め設定されている最大値を超えたのか否かを判断して、最大値を超えてないことを判断するときには、ステップ S 13 に戻り、最大値を超えたことを判断するときには、処理を終了する。

このようにして、制御データ収集部 30 は、第 5 図に示すように、制御対象 2 へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象 2 から出力された制御量の時系列データとを収集して、それを制御データ格納部 31 に格納するように処理するのである。

次に、制御対象モデル生成部 32 の実行する処理について説明する。

制御対象モデル生成部 32 は、予めある伝達関数を想定して、制御データ格納部 31 に格納されている制御データを使って、制御対象 2 のモデルとなる制御対象モデル 33 を生成する処理を行うことになる。

このときに想定する伝達関数としては、例えば「1 次遅れ + むだ時間」の伝達特性を持つ下記に示す数式（以下、数式 1 と称することがある）を用いることが

できる。

(数式 1)

$$G(s) = \frac{K_p \cdot e^{-L_p \cdot s}}{(1 + T_1 \cdot s)}$$

ここで、 K_p はゲインを示し、 L_p はむだ時間を示し、 T_1 は時定数を示している。

このとき、 $x = (K_p, T_1, L_p)$ とすると、伝達関数の出力する制御量 $P V_m(x)$ は、

$$P V_m(x) = G(x) \cdot M V + P V_{offset}$$

となる。

制御対象モデル生成部 32 は、作業員から制御対象モデル 33 の生成要求が発行されると、第 3 図の処理フローに示すように、先ず最初に、ステップ S20 で、制御データ格納部 31 に格納されている制御データを取得し、続くステップ S21 で、予め想定した伝達関数のパラメータ x に適当な初期値を設定する。例えば、ランダムに発生した値を初期値として設定するのである。

続いて、ステップ S22 で、取得した制御データを構成する操作量の時系列データを伝達関数への入力として、そのときに伝達関数から出力される制御量の時系列データを得て、そのようにして得た制御量の時系列データと、取得した制御データを構成する制御量の時系列データとの誤差を算出する。

例えば下記に示す算出式（以下、数式 2 と称することがある）に従って、両者の制御量の差分絶対値の総和を算出して、その平均値を算出することで、誤差を算出するのである。

(数式 2)

$$E(x) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |P V_i - P V_m(x)|$$

ここで、 $P V_i$ は i 番目の制御量を示し、 $P V_m(x)$ は伝達関数の i 番目の出力値を示し、 n は時系列データ数を示している。

ここでは、数式 2 に従って誤差を算出するようにしているが、平均値を算出するのではなくて、2 乗総和を算出するなど別の算出式を用いることができることは言うまでもない。

続いて、ステップ S 2 3 で、この算出した誤差が規定値以下になったのか否かを判断して、規定値以下になっていないことを判断するときには、ステップ S 2 4 に進んで、例えば Powell 法の最適解探索アルゴリズムに従って、上述した誤差が小さくなる方向に進む伝達関数のパラメータ x を算出して、それに従って、伝達関数のパラメータ x を変更してから、ステップ S 2 2 に戻る。

そして、ステップ S 2 2 ～ステップ S 2 4 の処理を繰り返していくことで、ステップ S 2 3 で、上述した誤差が規定以下になったことを判断するときには、伝達関数のパラメータの同定を完了したことを判断して、ステップ S 2 5 に進んで、その同定したパラメータを持つ伝達関数を制御対象 2 のモデルとして出力することで、制御対象モデル 3 3 の生成を終了する。

このようにして、制御対象モデル生成部 3 2 は、予めある伝達関数を想定して、例えば Powell 法の最適解探索アルゴリズムに従って、制御データ格納部 3 1 に格納される制御データを使って、その伝達関数のパラメータを同定することで、制御対象 2 のモデルとなる制御対象モデル 3 3 を生成するように処理するのである。

これにより、伝達関数のパラメータの同定処理の開始時には、第 6 図に示すように、伝達関数から出力される制御量の時系列データ（第 6 図中の (a) ）と、制御データ格納部 3 1 から取得した制御量の時系列データ（第 6 図中の (b) ）との間に大きな違いがあったものが、その同定処理を完了するときには、第 7 図に示すように、両者の時系列データはほぼ一致するようになり、これにより、高精度のモデリングを実現する制御対象モデル 3 3 を生成できるようになる。

ここで、第 6 図及び第 7 図に示す表示画面は、制御対象モデル生成部 3 2 が作業者への通知用に入出力部 3 5 の持つディスプレイに表示するものであり、第 6 図及び第 7 図中に示す (c) は伝達関数に入力する操作量の時系列データを示している。

次に、制御器シミュレーション部 3 4 の実行する処理について説明する。

制御器シミュレーション部 34 は、作業員から制御器 1 への制御パラメータの設定要求が発行されると、第 4 図の処理フローに示すように、先ず最初に、ステップ S 30 で、例えば対話処理に従って、制御目標量 (SP) を設定する。

続いて、ステップ S 31 で、例えば対話処理に従って、制御器 1 の実装する制御アルゴリズムが持つ制御パラメータの値 (制御器 1 の制御アルゴリズム上での値) を設定する。制御器 1 の実装する制御アルゴリズムが持つ制御パラメータが PID である場合には、PID の値を設定するのである。

続いて、ステップ S 32 で、作業員からシミュレーションの開始指示が発行されるのを待って、シミュレーションの開始指示が発行されると、ステップ S 33 に進んで、経過時間を表す変数 t に 0 をセットする。

続いて、ステップ S 34 で、制御対象モデル 33 から出力される制御量 (PV) を取得し、続くステップ S 35 で、その取得した制御量と設定した制御目標量とから、制御器 1 の実装する制御アルゴリズムをシミュレーションすることで操作量 (MV) を決定する。

続いて、ステップ S 36 で、その決定した操作量を制御対象モデル 33 に与える (入力する)。続いて、ステップ S 37 で、変数 t の値を 1 つインクリメントし、続くステップ S 38 で、変数 t の値が予め設定されている最大値を超えたのか否かを判断する。

この判断処理に従って、変数 t の値が最大値を超えていないことを判断するときには、ステップ S 34 に戻り、変数 t の値が最大値を超えたことを判断するときには、ステップ S 39 に進んで、設定した制御目標量と、制御対象モデル 33 に入力した操作量の時系列データと、その操作量の入力に応答して制御対象モデル 33 から出力された制御量の時系列データとを、入出力部 35 の持つディスプレイに出力する。

例えば第 8 図に示すように、設定した制御目標量 (第 8 図中の (b)) と、制御対象モデル 33 に入力した操作量の時系列データ (第 8 図中の (c)) と、その操作量の入力に応答して制御対象モデル 33 から出力された制御量の時系列データ (第 8 図中の (a)) とを、入出力部 35 の持つディスプレイに出力するのである。

。

なお、第8図では、「 $P=1.0$ ， $I=7.0$ ， $D=2.0$ 」という制御パラメータの値が設定されているときの制御状態データを示している。

続いて、ステップS40で、作業員からシミュレーションの終了指示が発行されたのか否かを判断する。

ステップS31で設定した制御パラメータが適切なものになることで、例えば第9図に示すように、ステップS39でディスプレイに出力する出力データが好ましい制御状態にあることを示しているときには、作業員はシミュレーションの終了指示を発行するので、このステップS40では、ディスプレイに出力した出力データに応答して、作業員からシミュレーションの終了指示が発行されたのか否かを判断するのである。

なお、第9図では、「 $P=4.0$ ， $I=32.0$ ， $D=8.0$ 」という制御パラメータの値が設定されているときの制御状態データを示している。

ステップS40で、シミュレーションの終了指示が発行されないことを判断するときには、新たな制御パラメータに対しての処理を行うべくステップS31に戻り、シミュレーションの終了指示が発行されたことを判断するときには、ステップS41に進んで、最終設定した制御パラメータを制御器1に設定する制御パラメータであると決定して、それを制御器1に設定して、処理を終了する。

このようにして、制御器シミュレーション部34は、制御対象モデル33を使って、制御器1の実行する制御動作をシミュレーションし、それを作業員に提示することで制御器1に設定する制御パラメータを決定して、それを制御器1に設定するように処理するのである。

以上に説明した実施形態例では、制御対象モデル33の生成元となる伝達関数として、ある1つの伝達関数（例えば、上述の数式1の伝達特性を持つ伝達関数）を想定するという構成を用いたが、複数の伝達関数を想定して、その中から最も適切な伝達関数を選択するという構成を用いることも可能である。

例えば、制御対象モデル33の生成元となる伝達関数として、上述の数式1の伝達特性を持つ伝達関数の他に、「2次遅れ+むだ時間」の伝達特性を持つ下記に示す数式（数式3）と、「積分+むだ時間」の伝達特性を持つ下記に示す数式（数式4）とを想定して、その中から最も適切な伝達関数を選択するという構成

を用いることも可能である。

(数式 3)

$$G(s) = \frac{Kp \cdot e^{-Lp \cdot s}}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2}$$

(数式 4)

$$G(s) = \frac{Kp \cdot e^{-Lp \cdot s}}{s}$$

この構成を用いる場合には、制御対象モデル生成部 32 は、第 10 図に示す処理フローに従って、制御対象モデルを生成するように処理することになる。

すなわち、この構成を用いる場合には、制御対象モデル生成部 32 は、作業員から制御対象モデル 33 の生成要求が発行されると、第 10 図の処理フローに示すように、先ず最初に、ステップ S50 で、制御データ格納部 31 に格納されている制御データを取得する。

続いて、ステップ S51 で、予め想定した全ての伝達関数について処理を終了したのか否かを判断して、未処理の伝達関数が残されていることを判断するときには、ステップ S52 に進んで、未処理の伝達関数の中から、処理対象となる伝達関数を 1 つ選択し、続くステップ S53 で、その選択した伝達関数のパラメータ x に適当な初期値を設定する。

続いて、ステップ S54 で、取得した制御データを構成する操作量の時系列データを選択した伝達関数への入力として、そのときに選択した伝達関数から出力される制御量の時系列データを得て、そのようにして得た制御量の時系列データと、取得した制御データを構成する制御量の時系列データとの誤差を、例えば上述の数式 2 に従って算出する。

続いて、ステップ S55 で、この算出した誤差が規定値以下になったのか否かを判断して、規定値以下になっていないことを判断するときには、ステップ S56 に進んで、例えば Powell 法の最適解探索アルゴリズムに従って、上述した誤差が小さくなる方向に進む伝達関数のパラメータ x を算出して、それに従って、

伝達関数のパラメータ x を変更してから、ステップ S 5 4 に戻る。

そして、ステップ S 5 4 ～ステップ S 5 6 の処理を繰り返していくことで、ステップ S 5 5 で、上述した誤差が規定以下になったことを判断するときには、ステップ S 5 1 に戻ることで、次の伝達関数に対しての処理に入る。

そして、ステップ S 5 1 ～ステップ S 5 6 の処理を繰り返していくことで、ステップ S 5 1 で、予め想定した全ての伝達関数について処理を終了したことを判断すると、ステップ S 5 7 に進んで、各伝達関数についてステップ S 5 4 で得た最終誤差を比較することで、最終誤差が最も小さなものとなる伝達関数を特定し、続くステップ S 5 8 で、その特定した伝達関数を制御対象 2 のモデルとして出力することで、制御対象モデル 3 3 の生成を終了する。

このようにして、制御器シミュレーション部 3 4 は、第 10 図の処理フローに従う場合には、制御対象モデル 3 3 の生成元となる複数の伝達関数を想定して、その中から最も適切な伝達関数を選択することで、高精度のモデリングを実現する制御対象モデル 3 3 を生成するように処理するのである。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明の制御対象モデル生成方法によれば、制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとが得られれば、専門的な考察や作業を一切要求されずに制御対象のモデルを自動的に生成できるようになる。

そして、本発明の制御対象モデル生成方法によれば、複数の伝達関数を想定することで、さらに高精度のモデリングを実現する制御対象モデルを自動的に生成できるようになる。

また、本発明の制御パラメータ調整方法によれば、本発明の制御対象モデル生成方法により生成された制御対象モデルを使うことで、作業者は制御器の持つ制御パラメータを色々と調整するときに、どのような制御が行えるのかを直ちに知ることができるようになることから、制御パラメータの調整に精通しない作業者でも制御パラメータを簡単に調整できるようになる。

請求の範囲

1. 制御対象のモデルを生成する制御対象モデル生成方法であって、

制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する過程と、

予め想定したある伝達関数进行处理対象として、上記取得した操作量の時系列データを該伝達関数に入力するときに該伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する上記取得した制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるようにと、該伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定することで、制御対象のモデルを生成する過程とを備えることを、

特徴とする制御対象モデル生成方法。

2. 制御対象モデル生成方法の実現に用いられる制御対象モデル生成プログラムであって、

制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する過程と、

予め想定したある伝達関数进行处理対象として、上記取得した操作量の時系列データを該伝達関数に入力するときに該伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する上記取得した制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるようにと、該伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定することで、制御対象のモデルを生成する過程とを、

コンピュータに実行させる制御対象モデル生成プログラム。

3. 制御対象のモデルを生成する制御対象モデル生成方法であって、

制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する過程と、

予め想定した複数の伝達関数のそれぞれを処理対象として、上記取得した操作

量の時系列データを該伝達関数に入力するときに該伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する上記取得した制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるようにと、該伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定する過程と、

上記同定を完了するときに得られた上記誤差あるいはそれから導出される値に従って、上記同定したパラメータを持つ複数の伝達関数の中から、制御対象のモデルとして最適なものを選択する過程とを備えることを、

特徴とする制御対象モデル生成方法。

4. 制御対象モデル生成方法の実現に用いられる制御対象モデル生成プログラムであって、

制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する過程と、

予め想定した複数の伝達関数のそれぞれを処理対象として、上記取得した操作量の時系列データを該伝達関数に入力するときに該伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する上記取得した制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるようにと、該伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定する過程と、

上記同定を完了するときに得られた上記誤差あるいはそれから導出される値に従って、上記同定したパラメータを持つ複数の伝達関数の中から、制御対象のモデルとして最適なものを選択する過程とを、

コンピュータに実行させる制御対象モデル生成プログラム。

5. 制御器の持つ制御パラメータを調整する制御パラメータ調整方法であって、

制御対象のモデルを生成する制御対象モデル生成処理に従って、制御対象のモデルを生成する過程と、

上記制御器の制御アルゴリズムを調整対象として、該制御アルゴリズムの持つ制御パラメータを調整する過程と、

上記制御対象モデルと上記制御アルゴリズムとを使って、上記調整した制御パ

ラメータを持つ上記制御器が制御対象を制御するときの状態をシミュレーションすることで、制御目標量、操作量及び制御量の間の関係を示すデータを作成して、それを出力する過程とを備え、

上記所定の制御対象モデル生成処理は、更に、

制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する過程と、

予め想定したある伝達関数を処理対象として、上記取得した操作量の時系列データを該伝達関数に入力するときに該伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する上記取得した制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるようにと、該伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定することで、制御対象のモデルを生成する過程とを備えることを、

特徴とする制御パラメータ調整方法。

6. 制御パラメータ調整方法の実現に用いられる制御パラメータ調整プログラムであって、

制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する過程と、

予め想定したある伝達関数を処理対象として、上記取得した操作量の時系列データを該伝達関数に入力するときに該伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する上記取得した制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるようにと、該伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定することで、制御対象のモデルを生成する過程と、

上記制御器の制御アルゴリズムを調整対象として、該制御アルゴリズムの持つ制御パラメータを調整する過程と、

上記制御対象モデルと上記制御アルゴリズムとを使って、上記調整した制御パラメータを持つ上記制御器が制御対象を制御するときの状態をシミュレーションすることで、制御目標量、操作量及び制御量の間の関係を示すデータを作成して

、それを出力する過程とを、

コンピュータに実行させる制御パラメータ調整プログラム。

7. 制御器の持つ制御パラメータを調整する制御パラメータ調整方法であって、
制御対象のモデルを生成する制御対象モデル生成処理に従って、制御対象のモデルを生成する過程と、

上記制御器の制御アルゴリズムを調整対象として、該制御アルゴリズムの持つ制御パラメータを調整する過程と、

上記制御対象モデルと上記制御アルゴリズムとを使って、上記調整した制御パラメータを持つ上記制御器が制御対象を制御するときの状態をシミュレーションすることで、制御目標量、操作量及び制御量の間の関係を示すデータを作成して、それを出力する過程とを備え、

上記制御対象モデル生成処理は、更に、

制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する過程と、

予め想定した複数の伝達関数のそれぞれを処理対象として、上記取得した操作量の時系列データを該伝達関数に入力するときに該伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する上記取得した制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるように、該伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定する過程と、

上記同定を完了するときに得られた上記誤差あるいはそれから導出される値に従って、上記同定したパラメータを持つ複数の伝達関数の中から、制御対象のモデルとして最適なものを選択する過程とを備えることを、

特徴とする制御パラメータ調整方法。

8. 制御パラメータ調整方法の実現に用いられる制御パラメータ調整プログラムであって、

制御対象へ与えられた操作量の時系列データと、それに応じて制御対象から出力された制御量の時系列データとを取得する過程と、

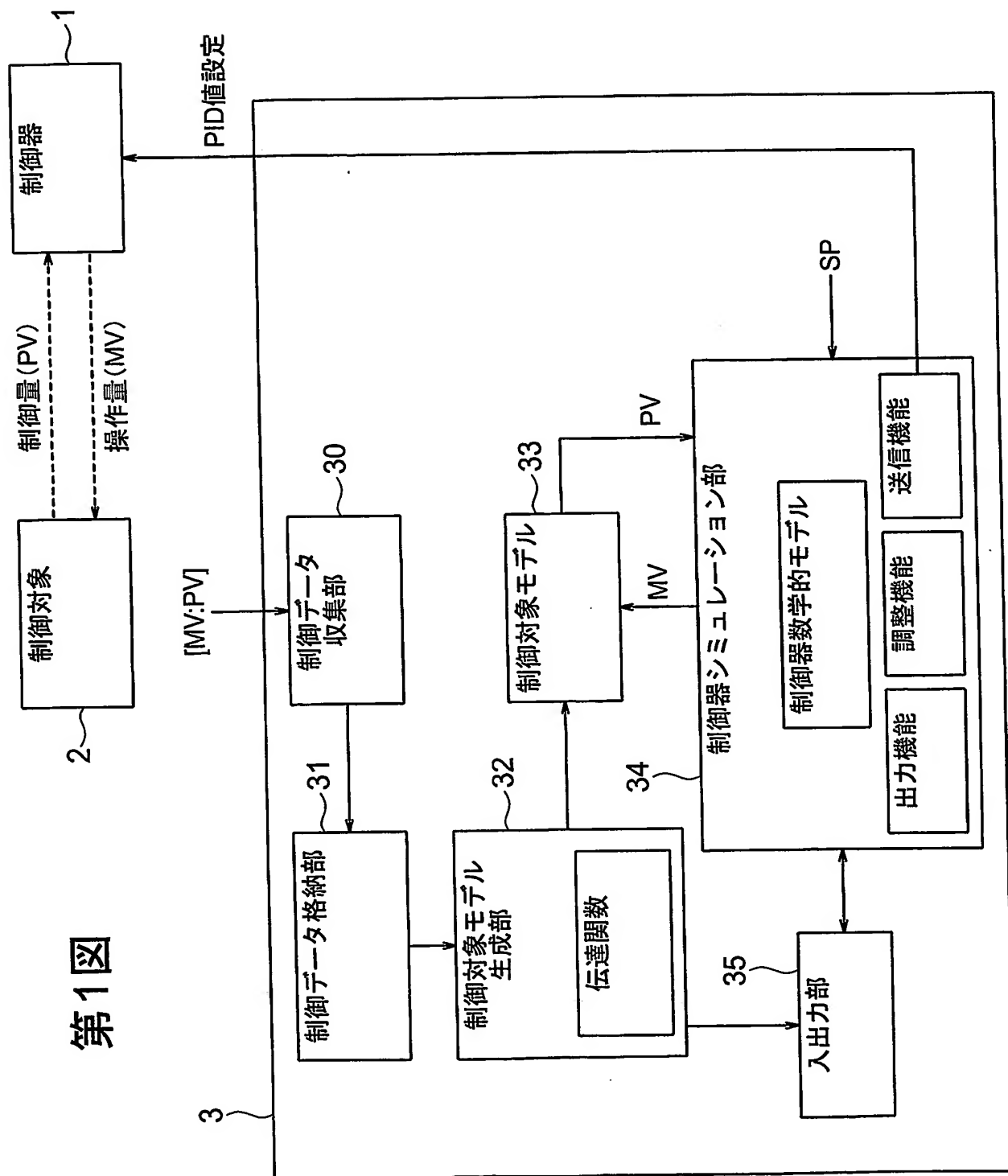
予め想定した複数の伝達関数のそれぞれを処理対象として、上記取得した操作量の時系列データを該伝達関数に入力するときに該伝達関数から出力される値の時系列データを得て、その出力値の時系列データとこれに対応する上記取得した制御量の時系列データとの誤差あるいはそれから導出される値が最適になるように、該伝達関数の持つ1つ又は複数のパラメータを同定する過程と、

上記同定を完了するときに得られた上記誤差あるいはそれから導出される値に従って、上記同定したパラメータを持つ複数の伝達関数の中から、制御対象のモデルとして最適なものを選択する過程と、

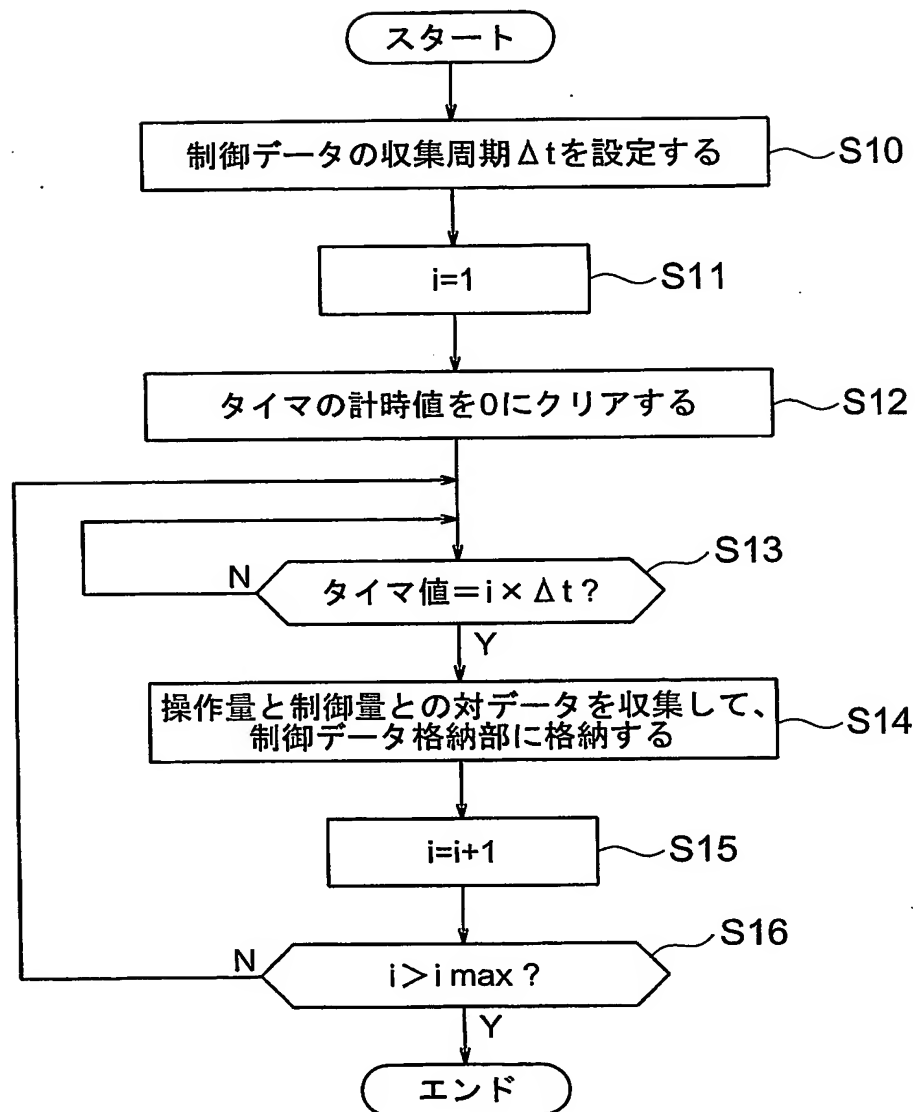
上記制御器の制御アルゴリズムを調整対象として、該制御アルゴリズムの持つ制御パラメータを調整する過程と、

上記制御対象モデルと上記制御アルゴリズムとを使って、上記調整した制御パラメータを持つ上記制御器が制御対象を制御するときの状態をシミュレーションすることで、制御目標量、操作量及び制御量の間の関係を示すデータを作成して、それを出力する過程とを、

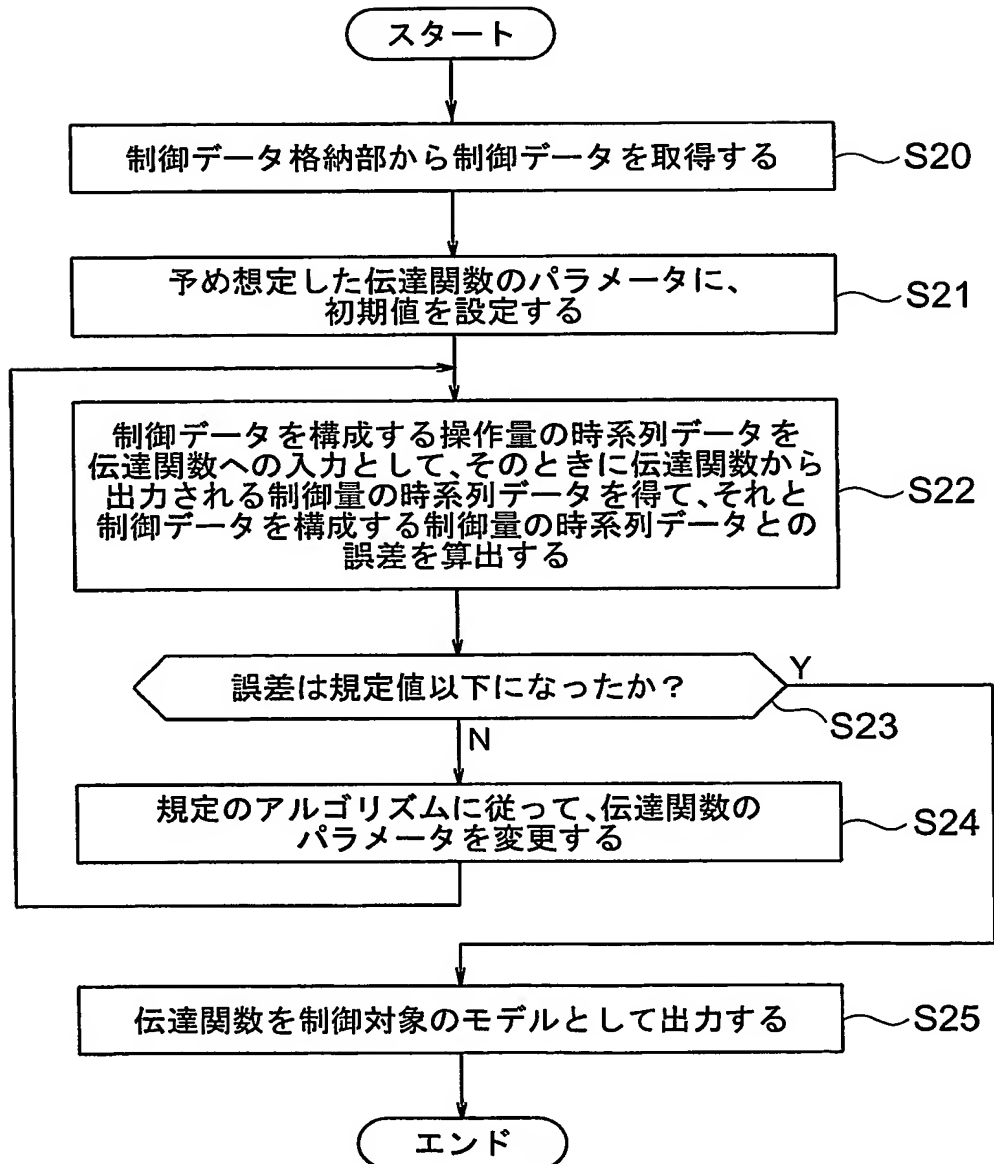
コンピュータに実行させる制御パラメータ調整プログラム。



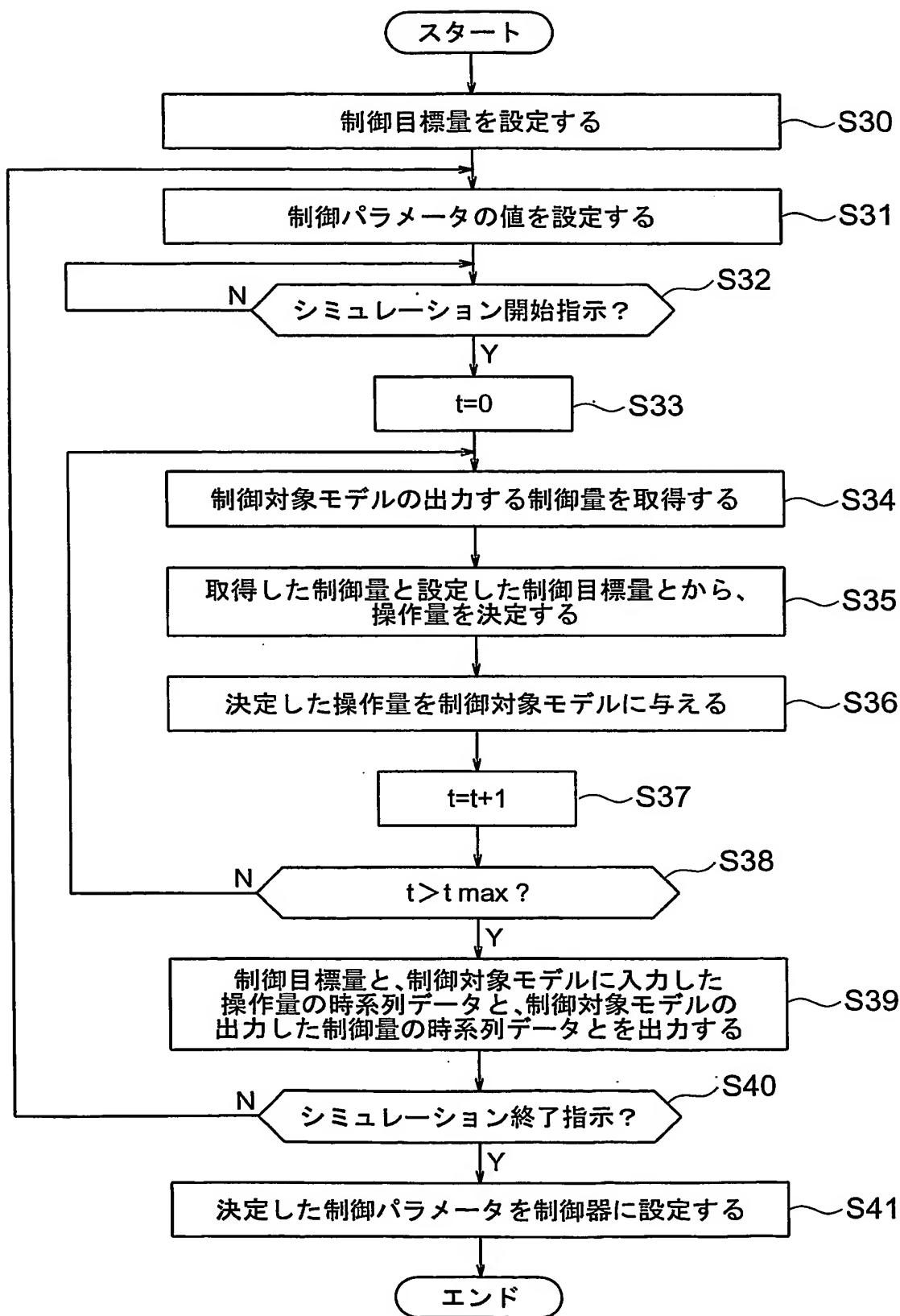
第2図



第3図



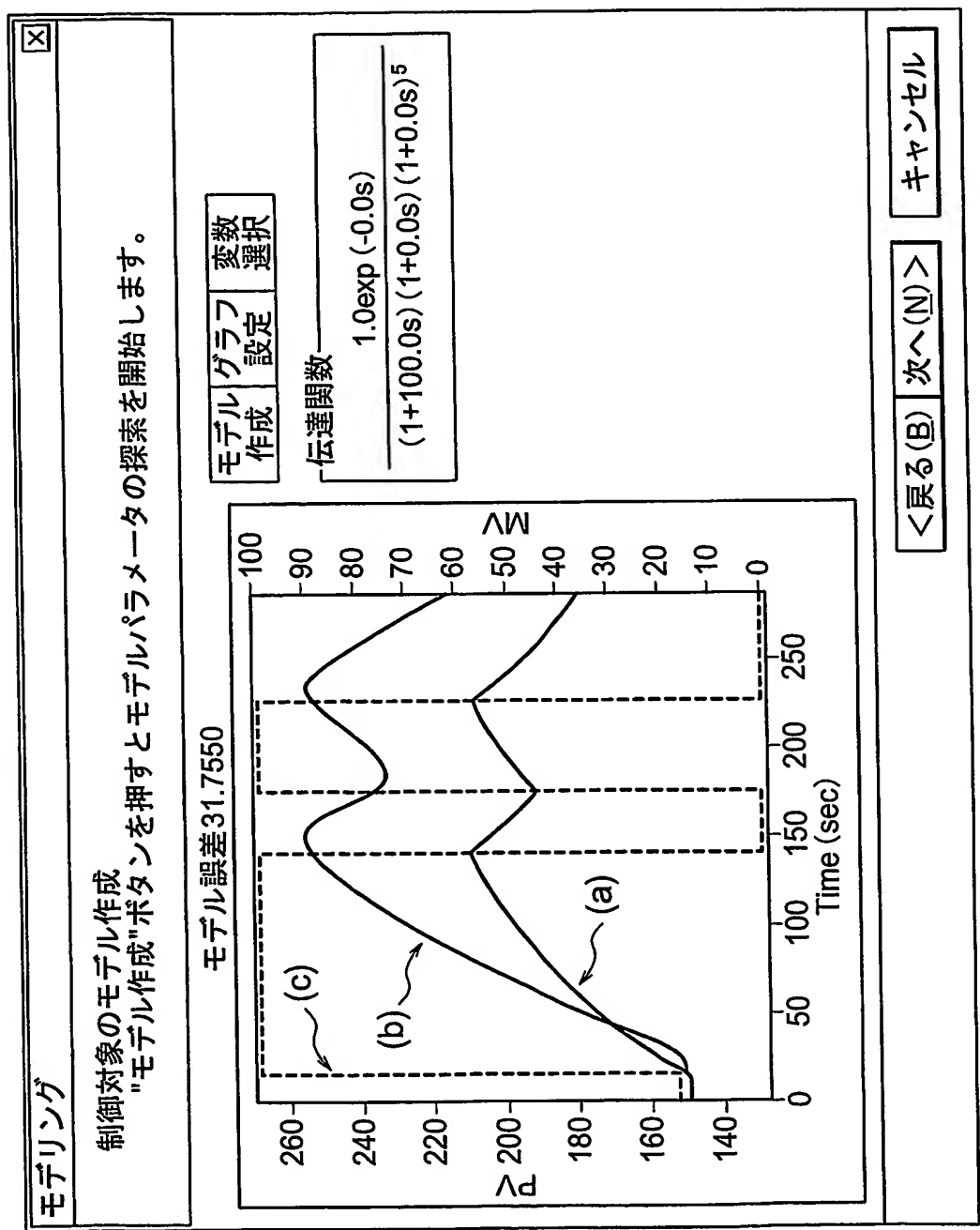
第4図



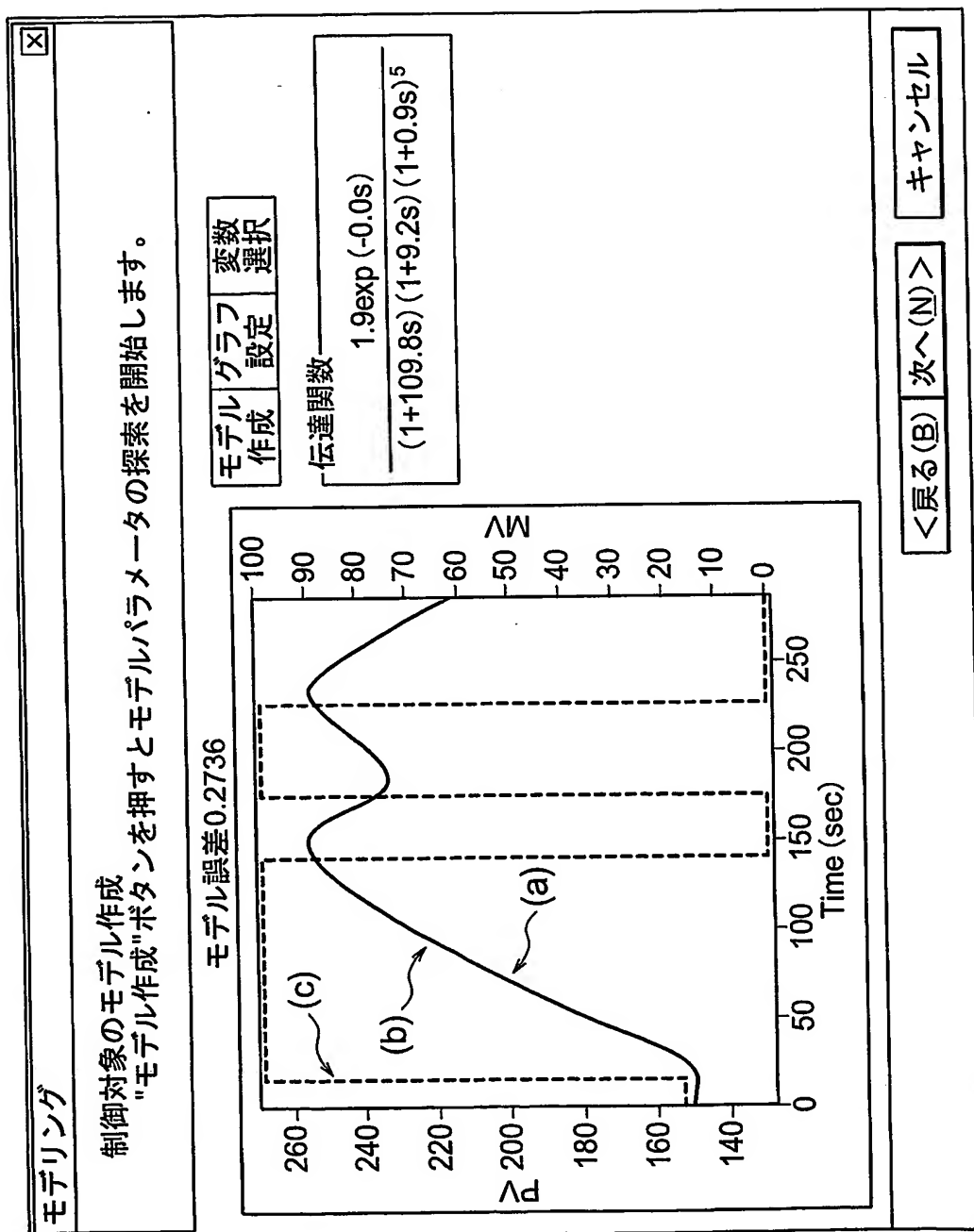
第5図

| 制御データ ($\Delta t=1$) | | |
|------------------------|-------|------|
| 番号 | PV | MV |
| 1 | 150.5 | 16.8 |
| 2 | 150.5 | 16.8 |
| 3 | 150.5 | 16.8 |
| 4 | 150.5 | 16.8 |
| 5 | 150.5 | 16.8 |
| 6 | 150.5 | 16.8 |
| 7 | 150.5 | 100 |
| 8 | 150.5 | 100 |
| 9 | 150.5 | 100 |
| 10 | 150.6 | 100 |
| 11 | 150.8 | 100 |
| . | . | . |
| . | . | . |
| . | . | . |
| . | . | . |
| . | . | . |
| . | . | . |
| . | . | . |

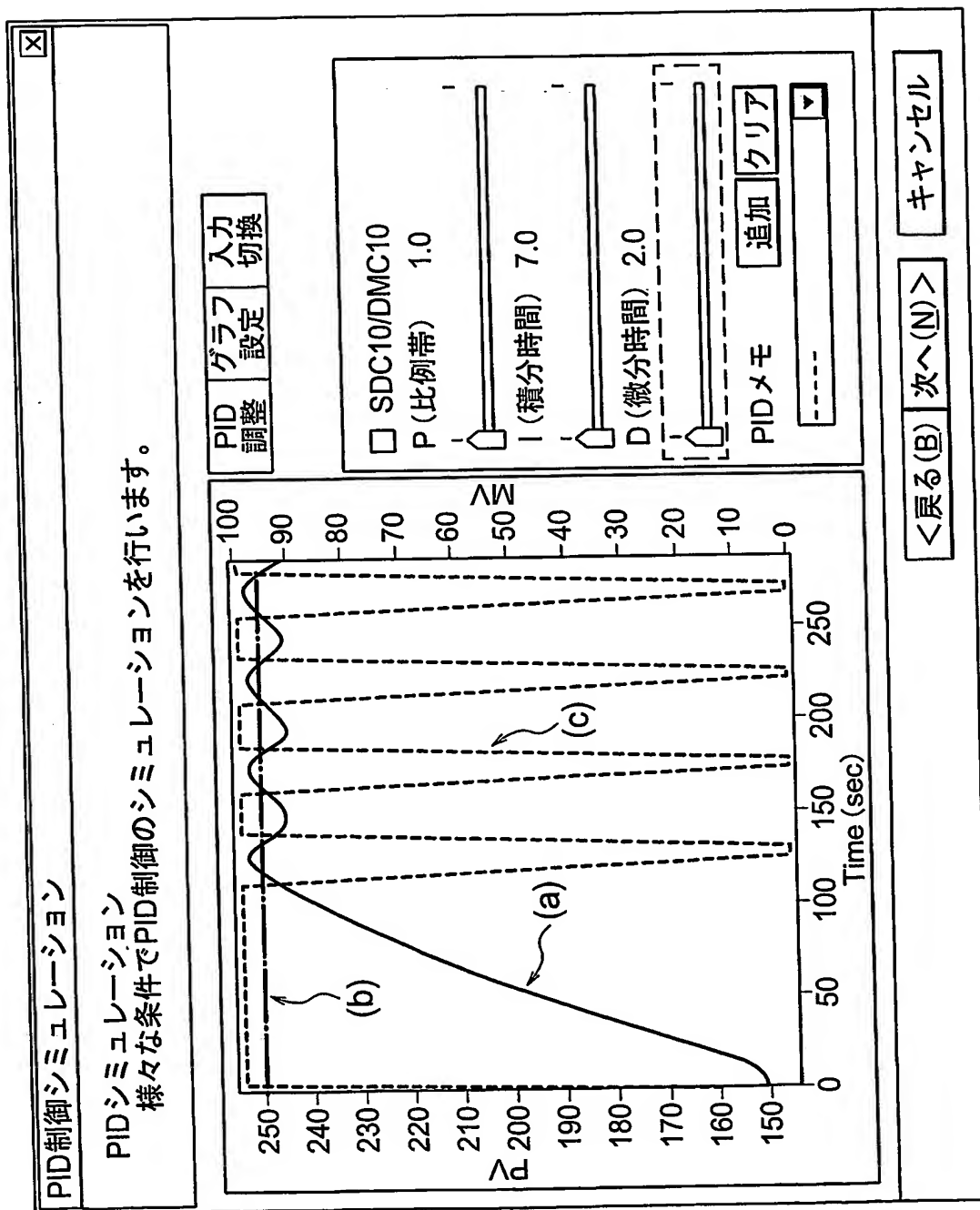
第6図



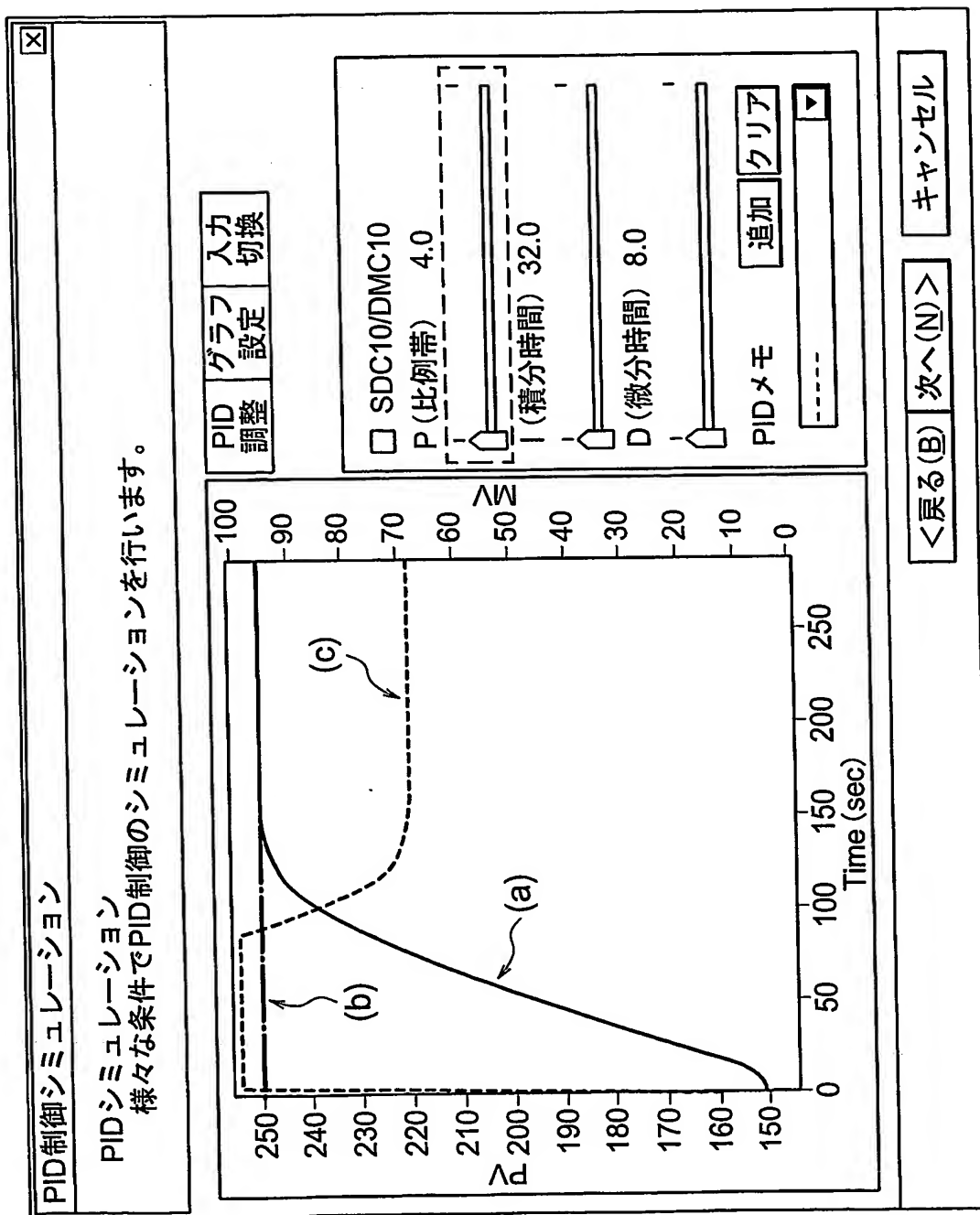
第7図



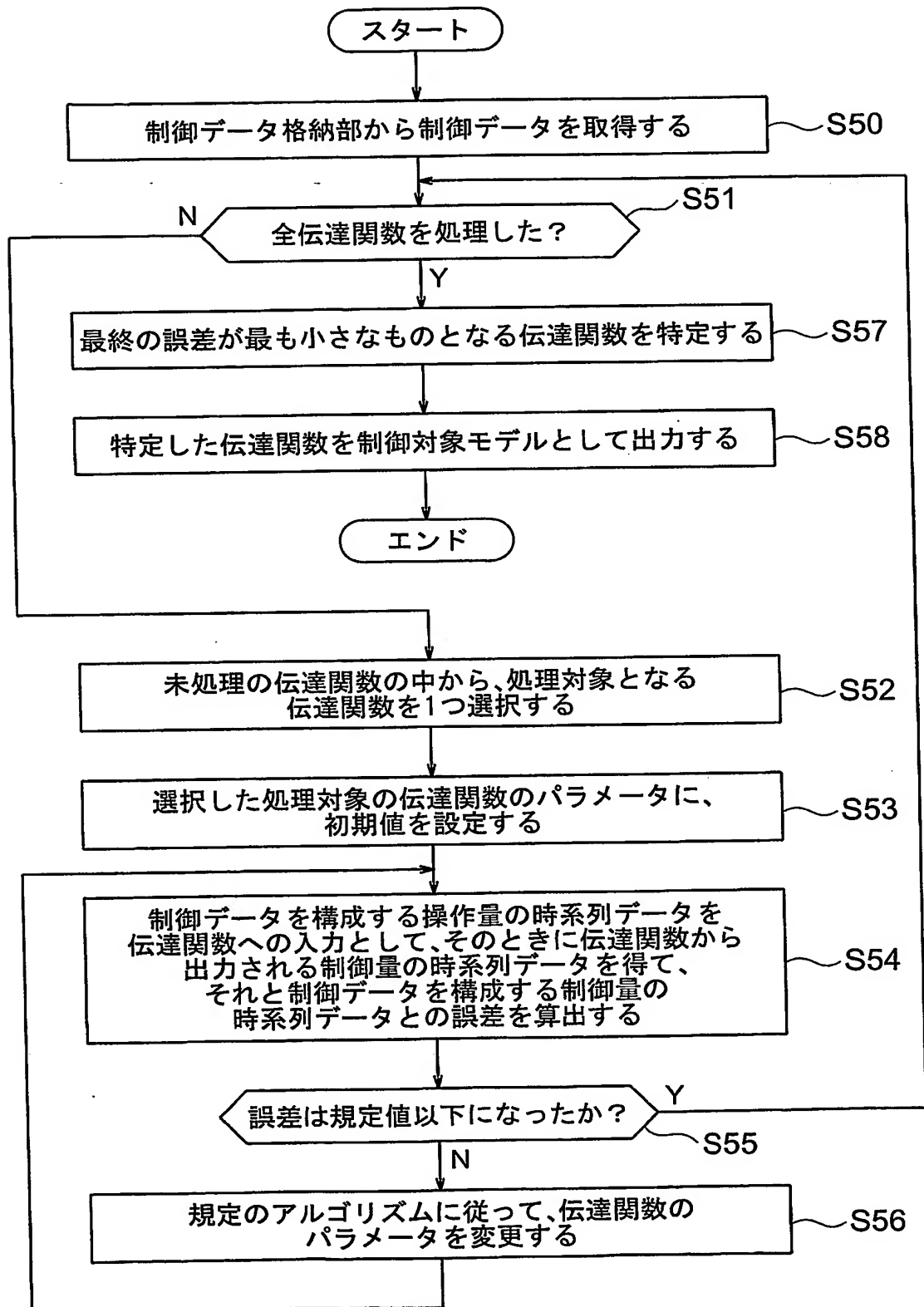
第8図



第9図



第10図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08336

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G05B13/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G05B11/00-13/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1926-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2003 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2003 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2003 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X | JP 8-137508 A (Toshiba Corp.), 31 May, 1996 (31.05.96), Page 7, right column, line 1 to page 9, right column, line 14; Figs. 1 to 3 (Family: none) | 1-8 |
| X | JP 6-348305 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 22 December, 1994 (22.12.94), Page 4, left column, line 4 to page 6, left column, line 20; Figs. 1 to 5 (Family: none) | 1-8 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search
05 September, 2003 (05.09.03)Date of mailing of the international search report
24 September, 2003 (24.09.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08336

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X | JP 5-143108 A (Hitachi, Ltd.), 11 June, 1993 (11.06.93), Page 2, left column, line 1 to right column, line 30 (Family: none) | 1-8 |
| Y | JP 6-187004 A (Yokogawa Electric Corp.), 08 July, 1994 (08.07.94), Page 2, right column, lines 12 to 34 (Family: none) | 3, 4, 7, 8 |
| Y | JP 3-268103 A (Mitsubishi Electric Corp.), 28 November, 1991 (28.11.91), Page 3, upper left column, line 11 to upper right column, line 14 (Family: none) | 5-8 |

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO3/08336

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G05B13/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G05B11/00-13/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1926-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2003年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2003年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2003年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| X | JP 8-137508 A (株式会社東芝) 1996.05.31 第7頁右欄第1行~第9頁右欄第14行 及び 図1~3 (ファミリーなし) | 1-8 |
| X | JP 6-348305 A (三菱重工業株式会社) 1994.12.22 第4頁左欄第4行~第6頁左欄第20行 及び 図1~5. (ファミリーなし) | 1-8 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 05.09.03

国際調査報告の発送日 24.09.03

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
森林 克郎



3H 8613

電話番号 03-3581-1101 内線 3314

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|---|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| X | JP 5-143108 A (株式会社日立製作所) 1993. 06. 11 第2頁左欄第1行～同頁右欄第30行 (ファミリーなし) | 1-8 |
| Y | JP 6-187004 A (横河電機株式会社) 1994. 07. 08 第2頁右欄第12～34行 (ファミリーなし) | 3, 4, 7, 8 |
| Y | JP 3-268103 A (三菱電機株式会社) 1991. 11. 28 第3頁左上欄第11行～同頁右上欄第14行 (ファミリーなし) | 5-8 |